

Perancangan Prototipe Smart Nutrition Tracking Berbasis IoT untuk Pemantauan Status Gizi Balita di Posyandu

Design of an IoT-Based Smart Nutrition Tracking Prototype for Monitoring Toddler Nutritional Status at Posyandu

Izzaturrachmi¹, Salsabilla Aulia², Susana Dwi Yulianti^{*3}, Dwi Ermawati⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Multimedia Jaring, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta

e-mail: *susana.dwiyulianti@tik.pnj.ac.id

Abstrak - Pencatatan data antropometri balita yang meliputi berat dan tinggi badan di Posyandu Orchid saat ini masih didominasi oleh metode konvensional dan penginputan data secara manual. Mekanisme ini rentan terhadap risiko kesalahan manusia (human error) saat konversi pencatatan serta membutuhkan waktu pelayanan yang relatif lama. Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pengukuran berat dan tinggi badan balita otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi langsung dengan web app Posyandu Orchid. Perangkat keras sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor load cell dan modul HX711, serta sensor Time of Flight (ToF) VL53L1X. Pengiriman hasil data pengukuran dari alat menuju aplikasi web memanfaatkan protokol komunikasi MQTT secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor load cell menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 98,47%. Sementara itu, sensor ToF VL53L1X menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 98,71%. Pengujian fungsionalitas alat secara kuantitatif menunjukkan persentase keberhasilan fungsional komponen sebesar 100%. Pengiriman paket data melalui protokol MQTT berjalan sukses dengan rata-rata nilai latensi transaksional sebesar 2,200 detik. Hasil pengujian integrasi sistem membuktikan bahwa implementasi sistem ini mampu mengotomatisasi proses perekaman data antropometri secara akurat, mempercepat waktu administrasi pelayanan posyandu, serta berhasil mengeliminasi kesalahan pencatatan (human error) hasil pengukuran berat dan tinggi badan balita.

Kata kunci – Antropometri Balita; IoT; Load Cell; MQTT; Time of Flight VL53L1X;

Abstract - The recording of toddler anthropometric data, including weight and height, at Posyandu Orchid is currently still dominated by conventional methods and manual data input. This mechanism is prone to human error during the recording conversion process and requires a relatively long service time. To address these constraints, this study aimed to design and develop an Internet of Things (IoT)-based automatic system for measuring toddlers' weight and height, which was directly integrated with the Posyandu Orchid web application. The system hardware used an ESP32 microcontroller, a load cell sensor with an HX711 module, and a VL53L1X Time of Flight (ToF) sensor. The transmission of measurement data from the device to the web application utilized the MQTT communication protocol in real time. The test results showed that the load cell sensor produced an average accuracy of 98.47%. Meanwhile, the VL53L1X ToF sensor produced an average accuracy of 98.71%. The quantitative functional testing of the device showed a component functional success rate of 100%. Data packet transmission through the MQTT protocol was successful, with an average transactional latency of 2.200 seconds. The system

integration test results demonstrated that the implementation of this system was able to automate the anthropometric data recording process accurately, reduce the administrative service time at Posyandu, and eliminate human error in recording toddlers' weight and height measurement results.

Keywords –IoT; Load Cell; MQTT; Time of Flight VL53L1X; Toddler Anthropometry;

I. PENDAHULUAN

Masa balita merupakan periode emas (golden age) yang sangat menentukan kualitas sumber daya manusia pada masa depan. Pada periode ini, pertumbuhan fisik, perkembangan otak, kemampuan kognitif, serta daya tahan tubuh anak berkembang sangat pesat sehingga membutuhkan pemantauan kesehatan dan status gizi secara berkelanjutan. Gangguan pertumbuhan yang tidak terdeteksi sejak dini dapat berdampak terhadap kualitas hidup anak dalam jangka panjang, baik dari sisi kesehatan, kemampuan belajar, maupun produktivitas di masa dewasa. Di Indonesia, Posyandu memiliki peran strategis sebagai garda terdepan dalam mendukung deteksi dini gangguan pertumbuhan balita melalui pemeriksaan antropometri rutin, seperti pengukuran berat badan dan tinggi badan. Data antropometri tersebut menjadi dasar dalam menentukan status gizi balita serta memberikan intervensi yang sesuai apabila ditemukan indikasi gangguan pertumbuhan. Namun, efektivitas intervensi gizi sangat bergantung pada validitas data, ketepatan hasil pengukuran, serta kecepatan akses terhadap informasi pertumbuhan balita [1].

Stunting merupakan salah satu masalah gizi kronis yang masih menjadi tantangan besar di Indonesia. Secara global, prevalensi stunting mencapai 21,3% pada tahun 2020 menurut WHO, sementara prevalensi nasional Indonesia masih berada pada angka 24,4% pada anak usia di bawah lima tahun [2][3]. Kondisi ini berimplikasi jangka panjang, antara lain penurunan kemampuan kognitif, produktivitas, dan risiko masalah kesehatan di masa dewasa [4][5]. Oleh karena itu, pemantauan status gizi balita melalui layanan primer seperti Posyandu menjadi sangat krusial dalam upaya pencegahan stunting.

Upaya digitalisasi layanan Posyandu sebenarnya telah mulai dilakukan dalam berbagai bentuk, salah satunya melalui penerapan aplikasi mobile dan web untuk pencatatan kehadiran serta deteksi dini status gizi di Posyandu Orchid yang berlokasi di Depok [6]. Sistem tersebut telah memberikan kontribusi dalam mengelola data Posyandu secara digital dan membantu kader dalam melakukan pencatatan yang lebih tertata dibandingkan dengan pencatatan manual. Meskipun demikian, proses pengukuran berat badan dan tinggi badan masih dilakukan menggunakan alat antropometri fisik, kemudian hasilnya dimasukkan kembali ke dalam sistem informasi secara manual. Hal ini menunjukkan bahwa digitalisasi pada level aplikasi belum sepenuhnya menghilangkan potensi kesalahan manusia (human error) karena masih terdapat tahapan pemindahan data dari alat ukur ke sistem. Dengan demikian, diperlukan pengembangan sistem yang tidak hanya mendigitalisasi pencatatan, tetapi juga mampu mengintegrasikan proses pengukuran secara otomatis dengan aplikasi pemantauan gizi.

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan peluang untuk menjawab permasalahan tersebut. IoT memungkinkan perangkat keras, sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, dan sistem informasi saling terhubung sehingga proses pengumpulan, penyimpanan, dan pengiriman data dapat dilakukan secara otomatis. Dalam konteks pemantauan gizi balita, perangkat IoT dapat dimanfaatkan untuk mengukur berat badan dan tinggi badan, kemudian

mengirimkan hasil pengukuran secara langsung ke aplikasi web pemantauan gizi tanpa memerlukan input manual yang berlebihan. Sebagian besar solusi digital yang telah dikembangkan masih berfokus pada aplikasi pencatatan mandiri dan belum sepenuhnya mengintegrasikan perangkat pengukuran dengan sistem informasi secara otomatis [7]. Oleh karena itu, pengembangan prototipe perangkat keras berbasis IoT menjadi kebutuhan penting untuk menciptakan ekosistem pemantauan gizi yang lebih efisien, akurat, dan minim kesalahan [8].

Selain mendukung akurasi data, integrasi IoT dalam pemantauan status gizi balita juga memiliki manfaat dalam meningkatkan transparansi dan aksesibilitas informasi. Data pertumbuhan yang tersimpan secara digital dan terintegrasi dapat membantu kader Posyandu dalam memantau perkembangan balita secara lebih sistematis. Orang tua juga berpotensi memperoleh informasi yang lebih mudah dipahami mengenai pertumbuhan anaknya, sehingga dapat lebih aktif dalam memantau grafik pertumbuhan dan memperhatikan kondisi gizi anak di rumah [9]. Di sisi lain, otomatisasi pengukuran dan pencatatan dapat mengurangi beban administratif kader, sehingga waktu pelayanan tidak hanya terfokus pada pencatatan, tetapi juga dapat diarahkan pada edukasi gizi, konseling, dan tindak lanjut terhadap balita yang berisiko mengalami masalah gizi.

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya, masih terdapat kesenjangan penelitian yang perlu dikembangkan. Penelitian terdahulu telah membahas digitalisasi layanan Posyandu, pengembangan aplikasi pencatatan status gizi, serta peningkatan kapasitas kader dalam pemantauan pertumbuhan balita. Namun, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih menempatkan kader sebagai pihak yang harus memasukkan data hasil pengukuran secara manual ke dalam aplikasi. Penelitian sebelumnya di Posyandu Orchid juga telah menghasilkan sistem berbasis aplikasi mobile dan web, tetapi belum mengintegrasikan perangkat antropometri berbasis IoT yang dapat mengirimkan data berat dan tinggi badan secara otomatis ke sistem pemantauan gizi. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar orisinalitas penelitian ini, yaitu pengembangan prototipe perangkat pengukuran antropometri berbasis IoT yang terhubung langsung dengan aplikasi web pemantauan gizi Posyandu Orchid.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara perangkat keras pengukuran berat dan tinggi badan berbasis sensor dengan aplikasi web pemantauan gizi yang telah diterapkan pada lingkungan Posyandu. Sistem yang dikembangkan dirancang menggunakan sensor load cell untuk mengukur berat badan, sensor Time of Flight (ToF) untuk mengukur tinggi badan, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan dan komunikasi data. Data hasil pengukuran ditransmisikan melalui jaringan Wi-Fi lokal menggunakan protokol MQTT sehingga dapat diterima oleh aplikasi web secara lebih cepat dan otomatis. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur digital, tetapi juga sebagai bagian dari ekosistem pemantauan gizi yang terintegrasi. Perbedaan utama penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah adanya fokus pada akuisisi data antropometri secara otomatis dari perangkat keras ke sistem informasi, serta pengujian validitas performa perangkat melalui analisis akurasi dan presisi terhadap alat ukur antropometri konvensional yang digunakan di Posyandu Orchid.

Hipotesis atau dugaan dasar dalam penelitian ini adalah bahwa penerapan perangkat pengukuran antropometri berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi proses pemantauan status gizi balita, mengurangi potensi kesalahan input manual, serta menghasilkan data berat badan dan tinggi badan yang lebih cepat tersedia pada aplikasi web pemantauan gizi.

Penelitian ini juga berasumsi bahwa prototipe yang dikembangkan dapat menunjukkan tingkat akurasi dan presisi yang memadai apabila dibandingkan dengan alat ukur konvensional, seperti timbangan digital dan microtoise manual. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi IoT tidak hanya dapat diterapkan secara teknis, tetapi juga memiliki keandalan yang cukup untuk mendukung layanan kesehatan primer di Posyandu.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan status gizi balita berbasis Internet of Things melalui rancang bangun prototipe perangkat pengukuran berat dan tinggi badan balita. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan perangkat pengukuran antropometri dengan integrasi sensor load cell dan sensor ToF berbasis mikrokontroler ESP32, membangun mekanisme integrasi otomatis antara perangkat keras dengan aplikasi web pemantauan gizi di Posyandu Orchid, serta menganalisis validitas performa perangkat melalui pengujian akurasi dan presisi dibandingkan dengan alat ukur antropometri konvensional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pemeriksaan balita, mengurangi beban administratif kader Posyandu, meminimalkan risiko kesalahan pencatatan, serta mendukung tersedianya data pertumbuhan balita yang akurat, cepat, dan terintegrasi untuk deteksi dini masalah gizi.

II. TINJAUAN TEORI

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pengembangan sistem pengukuran antropometri balita berbasis Internet of Things (IoT). Rosita et al. mengembangkan alat penilaian status gizi balita berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor berat dan tinggi badan serta mikrokontroler ESP32. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengukur berat badan dengan tingkat akurasi 99,82% dan tinggi badan 97,34%. Selain itu, sistem juga dapat menghitung status gizi balita berdasarkan standar WHO secara otomatis dan real-time [9]. Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini terletak pada penggunaan teknologi IoT untuk pengukuran antropometri balita. Namun, penelitian Rosari et al. lebih berfokus pada pengembangan alat dan validasi akurasi pengukuran, sedangkan penelitian ini menekankan integrasi perangkat pengukuran dengan aplikasi web pemantauan gizi Posyandu Orchid sebagai sistem manajemen data yang spesifik dan terintegrasi.

Penelitian lain dilakukan oleh Ikamah et al. melalui pengembangan Prototype Pengukur Tinggi dan Berat Badan Balita Berbasis IoT. Penelitian tersebut mengembangkan alat ukur tinggi dan berat badan balita berbasis IoT dengan menggunakan sensor load cell dan sensor ultrasonik untuk mendukung kegiatan Posyandu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat memiliki tingkat akurasi sebesar 98,32% untuk pengukuran tinggi badan dan 98,42% untuk pengukuran berat badan [8]. Sistem juga mampu menyimpan data hasil pengukuran ke platform IoT. Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini terletak pada pengembangan alat ukur antropometri balita berbasis IoT dan penggunaan sensor load cell untuk pengukuran berat badan. Perbedaannya, penelitian Ikamah et al. menggunakan sensor ultrasonik untuk pengukuran tinggi badan, sedangkan penelitian ini menggunakan sensor Time of Flight (ToF) VL53L1X yang memiliki pancaran cahaya lebih linier dan lebih fokus, sehingga diharapkan lebih stabil dalam pengukuran objek dinamis seperti balita.

Rinaldi dan Seliwati (2025) mengembangkan sistem pemantauan pertumbuhan bayi berbasis IoT yang terhubung dengan aplikasi Android. Sistem tersebut mampu menampilkan data berat badan bayi secara digital, menyimpan riwayat pengukuran pada Firebase, serta memvisualisasikan grafik pertumbuhan melalui aplikasi Android [10]. Penelitian ini memiliki kesamaan dalam pemanfaatan IoT untuk mendukung pemantauan pertumbuhan anak dan penyimpanan data secara digital. Namun, penelitian Rinaldi dan Seliwati hanya berfokus pada pengukuran berat badan bayi usia kurang dari satu tahun dan belum mencakup pengukuran tinggi badan. Sementara itu, penelitian ini difokuskan pada balita usia 2 sampai 5 tahun dengan dua parameter utama, yaitu berat badan dan tinggi badan.

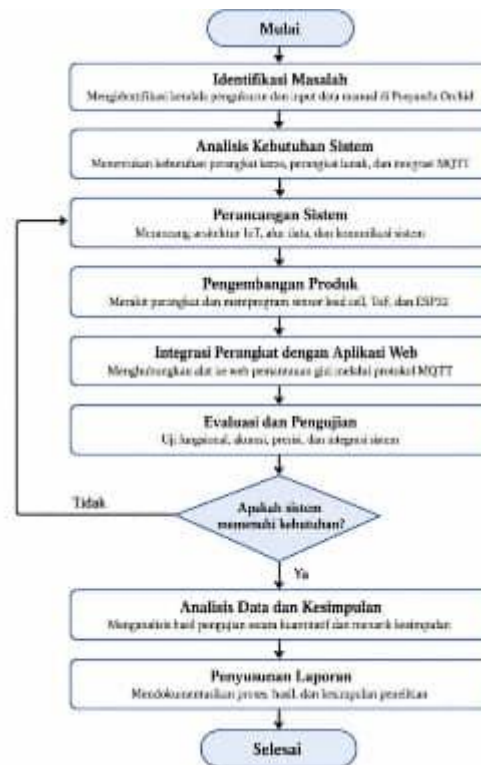
Rahmawati et al. (2024) mengembangkan IoT-based Growth Monitoring System for Stunting Detection in Children Aged 2–5 Years. Penelitian tersebut memiliki kedekatan dengan penelitian ini karena sama-sama mengembangkan sistem pemantauan pertumbuhan berbasis IoT untuk anak usia 2 sampai 5 tahun serta menggunakan sensor ToF untuk pengukuran tinggi badan. Sistem e-GCMS yang dikembangkan mampu mengukur tinggi dan berat badan secara simultan dengan akurasi di atas 99%, mengklasifikasikan status stunting berdasarkan standar WHO, serta menampilkan data melalui aplikasi dan website [1]. Perbedaan utama dengan penelitian ini terletak pada alur komunikasi data. Penelitian Rahmawati et al. menggunakan alur komunikasi bertingkat, sedangkan penelitian ini mengusulkan komunikasi langsung melalui protokol MQTT dari perangkat pengukuran ke server lokal Posyandu tanpa perantara ponsel kader. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi transmisi data dan mengurangi ketergantungan terhadap perangkat tambahan dalam proses pengiriman data.

Yulianti et al. (2025) telah mengembangkan sistem digital untuk mendukung operasional Posyandu Orchid. Penelitian tersebut berfokus pada digitalisasi kehadiran, pencatatan data, dan deteksi dini status gizi balita. Sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pencatatan dan pelaporan dibandingkan dengan mekanisme manual. Namun, sistem tersebut masih memerlukan input manual untuk memasukkan data hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan ke dalam aplikasi [6]. Kondisi ini masih membuka peluang terjadinya kesalahan pencatatan, keterlambatan input, serta antrean layanan pada saat kegiatan Posyandu berlangsung.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) karena penelitian berfokus pada pengembangan dan pengujian produk berupa sistem pemantauan status gizi balita berbasis Internet of Things (IoT). Produk yang dikembangkan berupa perangkat pengukuran antropometri yang mampu membaca data berat badan dan tinggi badan balita, kemudian mengirimkan data tersebut secara otomatis ke aplikasi web pemantauan gizi Posyandu.

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada gambar 1 tahapan penelitian berikut:



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari tahapan penelitian yang dilakukan:

1. Identifikasi masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap proses pengukuran dan pencatatan data antropometri balita di Posyandu Orchid. Permasalahan utama yang ditemukan adalah masih adanya input data manual ke dalam sistem, sehingga berisiko menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan data, dan beban administratif bagi kader.

2. Analisis kebutuhan system

Analisis dilakukan untuk menentukan kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, dan kebutuhan fungsional sistem. Kebutuhan perangkat keras meliputi sensor load cell untuk mengukur berat badan, sensor Time of Flight (ToF) VL53L1X untuk mengukur tinggi badan, mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama, modul penguat sinyal sensor berat, sumber daya, serta jaringan Wi-Fi lokal. Kebutuhan perangkat lunak meliputi program pembacaan sensor pada ESP32, mekanisme kalibrasi sensor, protokol komunikasi data, broker MQTT, server backend, basis data, dan aplikasi web pemantauan gizi Posyandu Orchid. Kebutuhan fungsional sistem mencakup kemampuan membaca data berat badan dan tinggi badan, mengirimkan data secara otomatis, menyimpan data ke sistem, serta menampilkan hasil pengukuran pada aplikasi web.

3. Perancangan sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem IoT yang menghubungkan perangkat pengukuran dengan aplikasi web pemantauan gizi. Perancangan meliputi desain alur akuisisi data dari sensor, pemrosesan data oleh ESP32, pengiriman data melalui protokol MQTT, penerimaan data oleh server, penyimpanan data ke basis data, dan penyajian data pada aplikasi web. Sensor load cell dirancang untuk membaca berat badan balita dalam satuan kilogram, sedangkan sensor ToF VL53L1X dirancang untuk membaca tinggi badan dalam posisi berdiri. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai

pusat pemrosesan data dan pengirim data ke server melalui jaringan Wi-Fi. Protokol MQTT digunakan karena ringan dan sesuai untuk komunikasi data pada perangkat IoT.

4. Pengembangan produk

Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras dan pemrograman sistem. Perangkat keras disusun dengan mengintegrasikan sensor load cell, sensor ToF VL53L1X, ESP32, dan komponen pendukung lainnya. Setelah perangkat keras dirakit, dilakukan pemrograman mikrokontroler untuk membaca data sensor, melakukan kalibrasi, mengolah data hasil pengukuran, dan mengirimkan data ke server melalui MQTT. Pada sisi aplikasi web, dilakukan penyesuaian agar sistem dapat menerima data dari perangkat IoT, menyimpan hasil pengukuran, dan menampilkan data pada halaman pemantauan gizi Posyandu Orchid.

5. Integrasi perangkat dengan aplikasi web

Integrasi dilakukan dengan menghubungkan ESP32 sebagai publisher data ke broker MQTT. Data hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan dikirimkan ke topic tertentu, kemudian diterima oleh server atau aplikasi web sebagai subscriber. Data yang diterima selanjutnya disimpan ke basis data dan ditampilkan pada aplikasi web.

6. Pengujian system

Pengujian sistem dilakukan untuk menilai kinerja prototipe perangkat pemantauan status gizi balita berbasis IoT. Pengujian difokuskan pada empat aspek utama, yaitu uji fungsional, uji akurasi, uji presisi, dan uji integrasi sistem. Uji fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen, seperti sensor load cell, sensor Time of Flight, ESP32, protokol MQTT, dan aplikasi web dapat berjalan sesuai fungsi yang dirancang. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran perangkat IoT terhadap alat ukur pembanding, yaitu timbangan digital untuk berat badan dan microtoise manual untuk tinggi badan. Uji presisi dilakukan melalui pengukuran berulang pada objek yang sama untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran.

7. Analisis data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Analisis akurasi dilakukan dengan menghitung selisih antara hasil pengukuran perangkat IoT dan alat ukur pembanding. Nilai galat atau error dapat dihitung dalam bentuk selisih absolut maupun persentase kesalahan. Akurasi pengukuran dihitung untuk mengetahui kedekatan hasil pengukuran perangkat dengan alat pembanding. Presisi dianalisis berdasarkan konsistensi hasil pengukuran berulang, misalnya melalui nilai rata-rata, simpangan baku, atau variasi hasil pengukuran. Latensi transmisi data dianalisis berdasarkan rata-rata waktu pengiriman data dari perangkat ke aplikasi web. Sementara itu, keberhasilan integrasi dianalisis berdasarkan persentase data yang berhasil dikirim, diterima, disimpan, dan ditampilkan pada sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, sistem yang dikembangkan harus mampu melakukan pembacaan data berat badan dan tinggi badan balita secara otomatis, mengirimkan data hasil pengukuran ke aplikasi web, serta menampilkan status pengukuran melalui LCD. Kebutuhan fungsional utama meliputi kemampuan sensor load cell dalam membaca berat badan, sensor Time of Flight (ToF) VL53L1X dalam membaca tinggi badan, ESP32 dalam memproses dan mengirimkan data, serta aplikasi web dalam menerima data hasil pengukuran melalui protokol MQTT. Selain itu, sistem juga harus mampu menerima session token dari aplikasi

Hasil implementasi menunjukkan bahwa rancangan sistem mampu menghubungkan perangkat keras pengukuran dengan aplikasi web secara otomatis. Hal ini menjawab permasalahan utama pada sistem sebelumnya, yaitu masih adanya proses input manual data hasil ukur ke dalam aplikasi. Dengan mekanisme ini, data berat badan dan tinggi badan tidak perlu lagi diketik ulang oleh kader, sehingga risiko kesalahan pencatatan dapat dikurangi.

Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen utama sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Skenario pengujian meliputi: (1) koneksi ESP32 ke jaringan Wi-Fi, (2) koneksi ESP32 ke MQTT broker, (3) koneksi ESP32 ke LCD, (4) koneksi ESP32 ke modul HX711 dan sensor load cell, (5) koneksi ESP32 ke sensor ToF VL53L1X, (6) fungsi LCD dalam menampilkan status sistem, (7) fungsi sensor load cell dalam membaca berat badan, serta (8) fungsi sensor ToF dalam membaca jarak atau tinggi badan.

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario fungsionalitas memperoleh status berhasil. Dengan demikian, tingkat keberhasilan pengujian fungsionalitas alat adalah:

$$\text{Presentase Keberhasilan} = \frac{\text{Hasil pengujian berhasil}}{\text{Total percobaan pengujian}} \times 100\% = \frac{8}{8} \times 100\% = 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Hasil ini menunjukkan bahwa komponen perangkat keras dan perangkat lunak dasar telah bekerja sesuai rancangan.

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kedekatan hasil pengukuran prototipe terhadap alat ukur pembanding yang digunakan di Posyandu Orchid. Pengujian berat badan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor load cell terhadap timbangan digital, sedangkan pengujian tinggi badan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor ToF VL53L1X terhadap microtoise manual. Pengujian dilakukan terhadap 10 balita berusia 2 sampai 5 tahun.

Hasil pengujian berat badan menunjukkan bahwa sensor load cell menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 98,85%. Nilai selisih pengukuran berada pada rentang 0,03 kg sampai 0,23 kg. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor load cell yang telah dikalibrasi dengan modul HX711 mampu menghasilkan pembacaan berat badan yang mendekati alat ukur pembanding. Tingkat akurasi di atas 98% menunjukkan bahwa alat memiliki validitas pengukuran yang baik untuk digunakan dalam pencatatan berat badan balita.

Hasil pengujian tinggi badan menunjukkan bahwa sensor ToF VL53L1X menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 98,71%. Nilai selisih pengukuran berada pada rentang 0,83 cm sampai 1,57 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ToF mampu membaca tinggi badan dengan tingkat kedekatan yang baik terhadap microtoise manual. Namun, terdapat beberapa hasil pengukuran yang melebihi batas toleransi ± 1 cm yang telah ditetapkan pada kebutuhan non-fungsional. Hal ini dapat terjadi karena balita merupakan objek pengukuran yang dinamis, sehingga pergerakan kepala, posisi berdiri yang tidak tegak, atau perubahan posisi tubuh dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor.

Hasil pengujian presisi berat badan menunjukkan rata-rata presisi sebesar 98,44% dengan nilai standar deviasi antara 0,06 sampai 0,31. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor load cell mampu menghasilkan pembacaan berat badan yang relatif konsisten pada pengukuran berulang. Perbedaan kecil antarhasil pengukuran dapat terjadi karena perubahan distribusi beban pada platform timbangan, misalnya akibat perubahan posisi kaki atau gerakan tubuh balita saat berdiri.

Hasil pengujian presisi tinggi badan menunjukkan rata-rata presisi sebesar 99,59% dengan

nilai standar deviasi yang relatif rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ToF VL53L1X memiliki konsistensi pembacaan yang sangat baik pada pengukuran berulang. Tingkat presisi yang lebih tinggi pada pengukuran tinggi badan menunjukkan bahwa sensor ToF mampu menghasilkan pembacaan jarak yang stabil ketika posisi objek berada dalam area baca sensor.

Pengujian latensi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sejak data hasil pengukuran dikirim oleh ESP32 hingga diterima dan tampil pada aplikasi web Posyandu Orchid. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengiriman data melalui protokol MQTT. Berdasarkan hasil pengujian, nilai latensi terendah adalah 2,187 detik, sedangkan nilai latensi tertinggi adalah 3,412 detik. Rata-rata latensi pengiriman data adalah 2,900 detik.

Pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja sebagai satu kesatuan. Skenario pengujian meliputi: (1) koneksi perangkat ke Wi-Fi dan MQTT broker, (2) penerimaan session token oleh ESP32, (3) pembacaan data berat dan tinggi badan oleh sensor, (4) pengiriman hasil pengukuran ke MQTT broker, penampilan data secara otomatis pada form penimbangan, serta (5) penyimpanan data ke database setelah diverifikasi oleh kader. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario integrasi memperoleh status berhasil. Dengan demikian, tingkat keberhasilan integrasi sistem adalah:

$$\text{Presentase Keberhasilan} = \frac{\text{Hasil pengujian berhasil}}{\text{Total percobaan pengujian}} \times 100\% = \frac{5}{5} \times 100\% = 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras, MQTT broker, dan aplikasi web telah berjalan sesuai rancangan. Penggunaan session token juga berperan penting dalam memastikan bahwa data hasil pengukuran dikirimkan ke sesi balita yang benar. Hal ini relevan karena sistem Posyandu melibatkan banyak data balita, sehingga mekanisme pencocokan token diperlukan untuk mencegah data tertukar antarbalita.

Keberhasilan integrasi ini menjadi kontribusi utama penelitian. Pada sistem sebelumnya, aplikasi web Posyandu Orchid telah mendukung pencatatan digital, tetapi hasil pengukuran berat dan tinggi badan masih harus dimasukkan secara manual. Melalui integrasi perangkat IoT dengan aplikasi web, proses tersebut dapat diotomatisasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat mengurangi risiko human error, mempercepat proses pelayanan, dan mendukung ketersediaan data pertumbuhan balita secara lebih cepat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian mendukung hipotesis bahwa penerapan perangkat pengukuran antropometri berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi proses pemantauan status gizi balita, mengurangi potensi kesalahan input manual, dan menyediakan data hasil pengukuran secara lebih cepat pada aplikasi web. Dengan performa akurasi, presisi, dan integrasi yang baik, prototipe ini layak digunakan sebagai dasar pengembangan sistem pemantauan gizi balita yang lebih terintegrasi di Posyandu Orchid.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, prototipe Smart Nutrition Tracking berbasis Internet of Things berhasil dirancang untuk mendukung pemantauan status gizi balita di Posyandu melalui integrasi perangkat pengukuran antropometri dengan aplikasi web. Prototipe yang dikembangkan mampu melakukan pengukuran berat badan dan tinggi badan balita menggunakan sensor load cell dan sensor Time of Flight yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, kemudian mengirimkan data hasil pengukuran secara otomatis

melalui protokol MQTT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komponen utama prototipe dapat berjalan sesuai rancangan, hasil pengukuran memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik, serta proses integrasi perangkat dengan aplikasi web dapat mendukung pengurangan input data manual. Dengan demikian, prototipe ini dapat menjadi solusi awal untuk meningkatkan efisiensi pencatatan, meminimalkan risiko kesalahan data, dan mendukung pemantauan status gizi balita secara lebih cepat dan terintegrasi di Posyandu.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh hibah penelitian dari Politeknik Negeri Jakarta melalui program Penelitian Utama tahun 2026 berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik Negeri Jakarta Nomor: 383/DST/PL3.14/B/PT.00.03/2026. Kami sangat berterima kasih atas dukungan finansial yang diberikan.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rahmawati *et al.*, "IoT-based Growth Monitoring System for Stunting Detection in Children aged 2–5 Years," 2024, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICECET61485.2024.10698056.
- [2] L. S. Himmawan, D. A. Hudaya, and S. K. Suwoko, "Pengembangan Aplikasi Berbasis Android ' GIZMAPAN ' untuk Monitoring dan Edukasi Balita Gizi Buruk di Kecamatan Jiput Kabupaten Pandeglang Tahun 2025 Development of an Android-Based Application Called ' GIZMAPAN ' for Monitoring and Educating Malnourished Toddlers in Jiput Subdistrict , Pandeglang Regency , in 2025," vol. 10, no. 03, pp. 694–702, 2025.
- [3] N. I. Nora Rahmanindar, Juhrotun Nisa, "Implementasi Program Posyandu TFC (Theurapetic Feeding Center) Sebagai Strategis Penuntasan Dan Pemulihan Gizi Kurang Bagi Balita Di Puskesmas Bumijawa Kabupaten Tegal," *Din. Kesehat. J. Kebidanan dan Keperawatan*, vol. 10, no. 2, pp. 773–782, 2019, doi: <https://doi.org/10.33859/dksm.v10i2.473>.
- [4] I. Purnamasari, D. Nasrullah, U. Hasanah, and I. Choliq, "PEMBERDAYAAN KADER POSYANDU MELALUI PROGRAM KADER PINTAR SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DAN PENANGANAN STUNTING DI DESA," vol. 7, pp. 645–651, 2023.
- [5] A. Rika and P. Julia, "PENGUATAN KAPASITAS MANAJEMEN DATA BERBASIS DIGITAL HEALTH UNTUK PENCEGAHAN STUNTING," *J. Kreat. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 10, pp. 4365–4376, 2023, doi: <https://doi.org/10.33024/jkpm.v6i10.11424>.
- [6] S. D. Yulianti *et al.*, "Jurnal Pepadu PENERAPAN TEKNOLOGI QR CODE DAN APLIKASI MOBILE Jurnal Pepadu," vol. 6, no. 3, pp. 361–371, 2025.
- [7] T. Mulyana, S. A. Putra, T. F. Kusumasari, and H. Fakhurroja, "Digitalisasi Pelayanan Posyandu Melalui Sistem Informasi Posyandu Berbasis Website di Posyandu Anyelir RW 09 Kelurahan Burangrang Kecamatan Lengkung Kota Bandung," vol. 05, no. 01, pp. 37–47, 2022.
- [8] M. N. Ikmah, A. T. Hidayat, and G. Wibisono, "Prototype Pengukur Tinggi Dan Berat Badan Balita Berbasis IoT," 2024.
- [9] R. Rosita, S. Farida, S. C. Arindrajaya, U. Duta, and B. Surakarta, "PEMANFAATAN APLIKASI KEHAMILAN BERBASIS ANDROID Metode," vol. 2, pp. 149–156, 2022.

- [10] J. Rinaldi, "Baby Growth Monitoring System Using IoT-Based Digital Baby Scale and Android Application," vol. 8, no. 2, pp. 73–80, 2025.